

補助事業番号 2019M-171

補助事業名 2019年度 二重放物面集束構造による強力超音波導波路を用いた
医療応用デバイス補助事業

補助事業者名 東京大学 森田 剛

1 研究の概要

二重放物面集束構造による強力超音波導波路DPLUSという独自の強力超音波出力デバイスを医療応用するための基本特性の解明を試みました。これにより、数10kHzからMHz帯域までの広い周波数領域において、圧電素子の選定を含む設計指針を明らかにしました。また、1mもの長く屈曲する導波路の強力超音波の伝搬の実現や、温度・音圧などのセンサを導入できる円筒型導波路を有するDPLUSの提案、10MHzの強力超音波を出力する高周波型DPLUSについての研究を実施しました。さらに、結晶構造を持たない金属ガラスが一般金属と比較して超音波伝搬特性が非常に優れていることを実験的に確認し、DPLUSの導波路材料として有望であることを見出しました。

2 研究の目的と背景

超音波メスなどの医療分野、機械加工における超音波振動援用、キャビテーションなどの化学的応用など、強力超音波は理学・工学において極めて重要な基盤技術となっています。しかし、従来の強力超音波振動源であるランジュバン振動子は、数10kHz程度の周波数での出力となっていました。従って、強力超音波を応用する際に、どのような周波数が適しているかという知見をえることが難しい状況にありました。これに対して、我々が提案して独自開発しているDPLUSは、広い周波数範囲で多数の振動モードを持つために、応用先によってどのような周波数が適しているのかという基本的な実験を行うことができます。例えば、医療応用において腫瘍を破壊する際に、どのような周波数が効率的であるかというのは重要な要因になります。

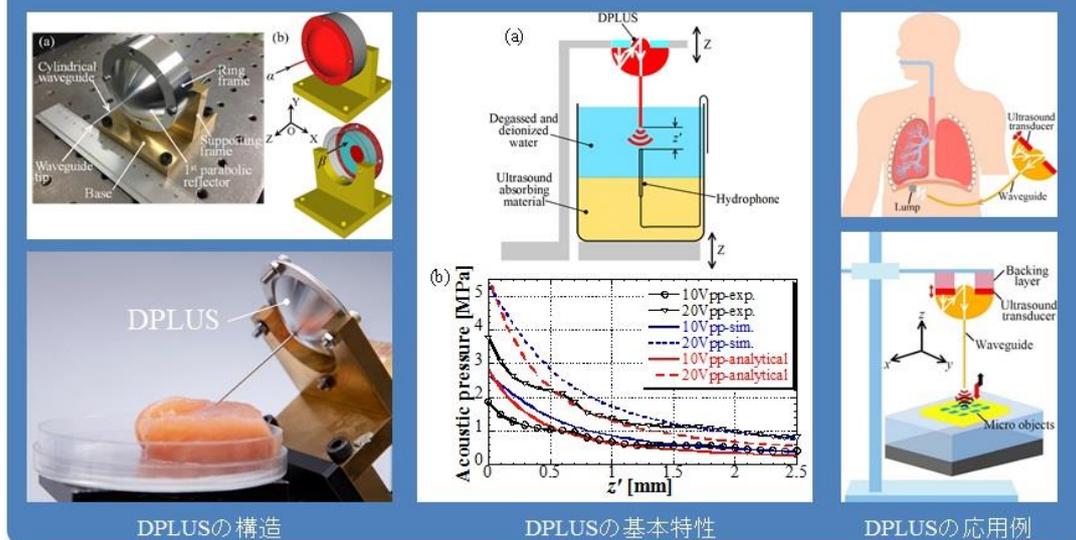
3 研究内容

強力超音波デバイスの開発(URL: <http://www.hsd.k.u-tokyo.ac.jp/contents/research.html>)

現在の医療現場では、集束した強力な超音波により体内の病変を破壊する強力集束超音波(HIFU: High Intensity Focused Ultrasound)による治療が行われています。このHIFUに比べ、さらに局所的に強力な超音波を照射する新たな低侵襲治療(MIT: Minimally Invasive Treatments)を実現するため、我々は“Double Parabolic reflectors wave-guided high-power Ultrasonic transducers(DPLUS)”を発明し、この応用開発を行っています。このDPLUSは、“放物線形状を有する集束機構による強力な超音波の生成”と“導波路を使用することによる装置の小型化”の技術を融合した独自の構造で、MHz帯域でMPaの高出力超音波を実現します。この特異な出力特性により、従来常識であった数10kHzの周波数帯域では得られない新規現象を見出しつつあります。さらに、数10kHzから数MHzの広い帯域で非常に多くの振動モードが存在することを発見し、

音速や音響インピーダンスなどの周波数特性を容易に計測することができることが明らかになりました。現在は、この優れた特性を生かしてDPLUSを用いた超音波イメージングや超音波顕微鏡、腫瘍破壊応用、細胞操作などへの応用への研究を推進しています。

DPLUSによる強力超音波応用



強力超音波振動子DPLUSの応用

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

数10kHzからMHz帯域の広い周波数帯域で強力超音波が出力できるDPLUSは、医療分野をはじめとして、超音波援用加工や化学反応促進、生化学応用など広い分野で利用されることが期待されます。従来の強力超音波振動子では単一周波数であったために、超音波効果の周波数依存性を検討することが困難でしたが、DPLUSならばその検証ができます。つまり、超音波効果の物理メカニズムの解明に大いに役立つことになるはずです。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

DPLUを独自に提案、開発したことで、今後、様々な応用分野に適応できると考えています。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

原著論文

- Kang CHEN, Takasuke IRIE, Takashi IIJIMA and Takeshi MORITA, "Double-parabolic-reflectors Ultrasonic Transducer with Flexible Waveguide for Minimally Invasive Treatment", *IEEE. Trans. Biomed. Eng.*, *accepted*, 2021, DOI 10.1109/TBME.2021.3057087
- Qingyang LIU, Kang CHEN, JUNHUI HU and Takeshi MORITA, "An ultrasonic tweezer with multiple manipulation functions based on the double-parabolic-reflector wave-guided high-power ultrasonic transducer",

IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 67, no. 11, pp.2471–2474, 2020

- Kang CHEN, Takasuke IRIE, Takashi IIJIMA and Takeshi MORITA, “Wideband Multi-modes Excitation by one Double-parabolic-reflectors Ultrasonic Transducer (DPLUS)”, *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, vol. 67, no. 8, pp. 1620–1631, 2020 (doi:10.1109/TUFFC.2020.2978234)
- Qingyang LIU, Kang CHEN, Junhui HU and Takeshi MORITA, “DPLUS based ultrasonic tweezers for micro/nano manipulation”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 59, SKKD12, 2020 (<https://doi.org/10.35848/1347-4065/ab827e>)
- Kang CHEN, Takasuke IRIE, Takashi IIJIMA and Takeshi MORITA, “Double-parabolic-reflectors acoustic waveguides for high-power medical ultrasound”, *Scientific Reports*, vol. 9, 18493, 2019 (doi:10.1038/s41598-019-54916-2)

学会発表

- Kohei Shinoda, Kang Chen, Takasuke Irie, Takashi Iijima and Takeshi Morita, “Ultrasonic propagation characteristics of Bulk Metallic Glass at sub100-MHz”, *International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2020)*, Web Conference, 25 Sep. (2020)
- Kang Chen, Takasuke Irie, Takashi Iijima and Takeshi Morita, “Flexible waveguide with Double-Parabolic-reflectors Ultrasonic transducer (DPLUS) for high-power therapeutic ultrasound”, *International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2020)*, Web Conference, 23 Sep. (2020)
- Qingyang Liu, Kang Chen, Junhui Hu and Takeshi Morita, “DPLUS based high-frequency ultrasonic tweezers”, *International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2019)*, Lyon, France, 4 Oct. (2019)
- Kang Chen, Takasuke Irie, Takashi Iijima and Takeshi Morita, “Double parabolic reflectors wave-guided high-power ultrasonic transducers”, *International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2019)*, Lyon, France, 4 Oct. (2019)

7 補助事業に係る成果物

特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名 : 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 人間環境学専攻
(トウキョウダイガクダイガクイン シンリョウイキソウセイカガクケンキュウカ
ニンゲンカンキョウガクセンコウ)

住 所 : 〒277-8563 柏市柏の葉5-1-5

担 当 者 : 教授 森田 剛

E - m a i l : morita@edu.k.u-tokyo.ac.jp

U R L : <http://www.hsd.k.u-tokyo.ac.jp>